

TNO-rapport
PML 1999-A89

ARBO-onderzoek EOCKL

TNO Prins Maurits Laboratorium

Lange Kleiweg 137
Postbus 45
2280 AA Rijswijk

Telefoon 015 284 28 42
Fax 015 284 39 63

Datum
december 1999

Auteur(s)
drs. N.H.A. van Ham
ing. F.R. Groeneveld

Rubricering
Vastgesteld door : Lt.Kol. M. Groenewegen
Vastgesteld d.d. : 9 november 1999
(deze rubricering wijzigt niet)

Titel : Ongerubriceerd
Managementuittreksel : Ongerubriceerd
Samenvatting : Ongerubriceerd
Rapporttekst : Ongerubriceerd
Bijlagen A - E : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor Onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 30
Opplage : 40
Aantal pagina's : 36 (incl. bijlagen, excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen : 5

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

© 1999 TNO

DTIC QUALITY INSPECTED 1

TNO Prins Maurits Laboratorium is onderdeel
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek
waartoe verder behoren:

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium
TNO Technische Menskunde



AQ F00-04-1012
Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

20000127 042

ARBO-onderzoek EOCKL

TNO-rapport PML 1999-A89

drs. N.H.A. van Ham
ing. F.R. Groeneveld
december 1999

Probleemstelling

Bij het vernietigen van munitie komen veel schadelijke stoffen vrij. Personeel van het Explosieven Opruimings Commando van de KL (EOCKL) heeft regelmatig gezondheidsklachten die worden toegeschreven aan de vernietiging van munitie. Het TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) heeft in opdracht van EOCKL onderzocht of het personeel daadwerkelijk in contact kan komen met deze schadelijke stoffen.

Beschrijving van de werkzaamheden

In overleg met het EOCKL is een munitiepakket geselecteerd, dat model kan staan voor het gros van de vernietigingswerkzaamheden. Als vernietigingsplaats werd een nog niet eerder gebruikte locatie op het ArtillerieSchietKamp (ASK) uitgekozen. Vervolgens zijn er tijdens de vernietigingswerkzaamheden metingen verricht in de wolk van de verbrandings- of explosiegassen. Het EOCKL-personeel droeg bij deze werkzaamheden beschermende kleding en ademhalingsprotectie. Het personeel was tevens voorzien van draagbare monsternameapparatuur. Hiermee wordt gedurende de gehele werkdag lucht opgezogen nabij het gelaat van de medewerker. Deze stoffen worden geadsorbeerd op een dragermateriaal. Dit dragermateriaal kan in het laboratorium worden verhit, waardoor de geadsorbeerde stoffen vrijkomen en kunnen worden bepaald met gevoelige analysetechnieken. Ook werden er veegmonsters genomen van de kleding, de laarzen en de niet bedekte huid. Deze monsters werden eveneens onderzocht op de aanwezigheid van schadelijke stoffen. Tot slot werden monsters genomen van de grond van de verbrandingsplaats en de springkuilen.

Resultaten en conclusies

In de rookpluim komen veel schadelijke stoffen voor. Vezels die kunnen worden ingeademd werden evenwel niet aangetroffen. De grond was voor de explosieproeven maagdelijk schoon. Na de vernietigingswerkzaamheden bevat de grond een grote dosis zware metalen en kankerverwekkende stoffen. Analyse van de veegmonsters van deze kleding maakte de aanwezigheid van kankerverwekkende stoffen zichtbaar. Contact met deze stoffen kan alleen worden vermeden door het dragen van beschermende kleding en mondmaskers met actieve kool. Tevens dient een strakke discipline te worden gehanteerd met betrekking tot het aan- en uitkleden, het hanteren van de besmette kleding en overige besmette voorwerpen. Als er op deze wijze munitie vernietigd moet worden is het dragen van beschermende kleding en ademprotectie dus noodzakelijk. Gezien de blijvende vervuiling van het milieu is het echter beter om de munitie bij een daarvoor uitgerust bedrijf te laten vernietigen.

Toepasbaarheid

Opvolging van het TNO-PML advies betekent een aanzienlijke verbetering van de ARBO-omstandigheden van het defensiepersoneel.

Vervolgonderzoek

Indien defensie besluit om door te gaan met de open lucht verbranding en detonatie van munitie, springstoffen en kruiden, is het ten eerste aan te bevelen om het betrokken personeel regelmatig te keuren en hierbij bloed en urine te onderzoeken op de aanwezigheid van schadelijke stoffen. Op deze wijze kan worden nagegaan of de genomen beschermingsmaatregelen voldoende zijn.



Defensieopdracht A87KL070

Projectinformatie

Projecttitel

ARBO-onderzoek EOCL

Projectnummer TNO-PML

014.10105

Omschrijving programma

Meten van schadelijke stoffen afkomstig van munitie, tijdens munitievernietiging door EOCL-personeel.

Planning programma (tijdsplan)

Start november 1998.

Gereed oktober 1999.

Projectbegeleider defensie

Lt.Kol. M. Groenewegen

Explosieven Opruimings Commando van de Koninklijke Landmacht

Projectleider TNO-PML

drs. N.H.A. van Ham, Divisie Toxische Stoffen, researchgroep Analyse Toxische en Explosieve Stoffen

Communicatie

Met de projectbegeleider werd acht keer gesproken over de invulling en de voortgang van het onderzoek.



Samenvatting

Dit rapport beschrijft metingen aan schadelijke stoffen die vrijkomen bij het vernietigen van munitie. De meting geschiedde door het plaatsen van vaste monsternameapparatuur nabij de explosiepunten. Het personeel belast met de uitvoering van de vernietigingswerkzaamheden werd uitgerust met persoonlijke monsternemers. Ook werden grondmonsters genomen nabij de explosiepunten.

Analyse van deze monsters toont het vrijkomen van kankerverwekkende stoffen en zware metalen aan. Geadviseerd wordt om de vernietiging van munitie alleen uit te voeren met beschermende kleding. Nog beter is echter om deze vernietiging op een milieuverantwoorde manier uit te voeren in een gesloten vernietigingsfaciliteit.

Managementuittreksel	2
Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	6
2 Uitvoering	7
2.1 Monsternemingen en analyse kruitverbranding	9
2.2 Monsterneming en analyse munitievernietiging	10
3 Resultaten	14
3.1 Stationaire luchtmetingen.....	14
3.2 Persoonsgebonden metingen munitievernietiging.....	16
3.3 Organische verontreiniging van de werkkleding en veegmonsters van de huid	17
3.4 Grondmonsters	18
4 Bespreking	21
5 Conclusies en aanbevelingen	24
6 Referenties	25
7 Ondertekening	26

- A Overzicht genomen monsters
- B Organische Componenten Persoonsgebonden Metingen
- C Anorganische verbindingen in grond munitievernietiging
- D Resten van springstoffen in de grond
- E Beschermende kleding bij explosief vernietigen

1 Inleiding

Bij het vernietigen van munitie komen grote hoeveelheden schadelijke stoffen vrij. Personeel van het Explosieven Opruimings Commando van de KL (EOCKL) heeft regelmatig gezondheidsklachten die worden toegeschreven aan het contact met deze schadelijke stoffen. Het vernietigen geschiedt middels verbranding en detonatie in de openlucht op daartoe aangewezen locaties van militaire terreinen.

Reeds in 1994 heeft het TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) in opdracht van het EOCKL onderzocht welke schadelijke stoffen kunnen vrijkomen bij het vernietigen van munitie. Dit werd gerapporteerd in TNO-rapport PML 1995-A6, getiteld 'Chemische belasting van personeel bij het vernietigen van munitie'. Destijds werd reeds aanbevolen om deze werkzaamheden te stoppen vanwege de ARBO- en milieurisico's en de vernietiging te laten plaatsvinden bij een daartoe uitgerust bedrijf. Verder onderzoek naar stoffen die bij de vernietiging vrijkomen werd daarom op dat moment niet zinvol geacht. Daar de situatie anno 1999 nog niet is verbeterd (er is nog steeds geen mogelijkheid om deze munitie op een ARBO- en milieuverantwoorde wijze op te ruimen), werd aanbevolen om opnieuw deze schadelijke stoffen te onderzoeken.

De schadelijke stoffen bevinden zich in de munitie; bij het vernietigen worden deze stoffen in het milieu verspreid. Tevens kunnen bij het vernietigen nog andere schadelijke stoffen ontstaan. De rookpluim vormt een kortdurende directe bedreiging voor de gezondheid van het personeel. Uiteindelijk komen de schadelijke stoffen in de bodem terecht van de brand- en springlocaties. Daar vormen ze een langdurige bedreiging voor de gezondheid vanwege het contactrisico van het betrokken personeel met de grond.

De te vernietigen munitie bestond uit een zo gevarieerd mogelijke pakket, hetgeen model staat voor de meest voorkomende vernietigingswerkzaamheden. Alleen van het vernietigen van witte fosfor bevattende munitie is afgezien vanwege de praktische bezwaren die dit met zich meebrengt. Wel zal de theoretisch te verwachten uitstoot van dergelijke munitie worden besproken.

Speciale aandacht werd gevraagd voor de bij het vernietigen gebruikte vernielingsladingen. Deze bevatten vezels, waarvan wordt gevreesd dat ze wellicht respirabel worden door het versplinterende effect van de detonatie.

De metingen van TNO-PML concentreerden zich op het meten van de schadelijke stoffen in de rookpluim en de grond. Het betrokken personeel werd tevens uitgerust met persoonlijke monitors welke gedurende de werkdag lucht opzuigen nabij het gelaat van de medewerkers. Ook werden er veegmonsters genomen van de kleding en de huid van het betrokken personeel.

2 Uitvoering

De uitvoering van de werkzaamheden werd vanwege de weersomstandigheden gesplitst in twee delen. De kruitverbranding werd uitgevoerd op 17 november 1998, terwijl de rest van de munitie werd vernietigd op 28, 29 en 30 juli 1999 op het ASK-terrein te Oldenbroek.

Op 17 november 1998 werden op het terrein van het ASK op de kruitverbrandingsplaats verschillende kavels van restkruit verbrand. De weersomstandigheden tijdens de verbranding waren droog, half bewolkt met een noordnoordoosten wind (snelheid 0 - 2 m/sec) en een temperatuur van 1 °C oplopend naar 5 °C.

Gedurende de verbranding was er een geringe rookontwikkeling. De warmte veroorzaakte dat de verbrandingsproducten omhoog gingen. De meeste zichtbare rook werd gevormd door het nasmeulen van de asresten. Bij het blussen ontstond stoom als gevolg van de warmte van de grond.

Wanneer de verbranding plaatsvond op een natte ondergrond als gevolg van het bluswater bleven kruitkorrels en onverbrand doek van de kruitzakken achter.

Het kruit bevond zich in stoffen zakjes. De ladingen waren gecodeerd met nummers 6 en 7. Per keer werden honderd zakjes verbrand. De zakjes werden in een rij of piramidevormig gestapeld. De ontsteking werd op afstand uitgevoerd. Tijdens de verbranding kwam een grote hoeveelheid warmte vrij. De rookvorming was gering. De meetapparatuur ondervond geen hinder van de hitte door de verbranding. Na de verbranding werd de bodem van de verbrandingsplek door de brandweer afgekoeld met water. Direct daarop werd het terrein betreden door de medewerkers. De volgende kavels werden op een droge plek van de brandplaats neergelegd. In totaal werd achtmaal 100 kg verbrand. De werkzaamheden duurden bij elkaar circa 2,5 uur. Gedurende deze tijd werd op een afstand van 10 m benedenwinds van de verbrandingsplaats op diverse hoogtes continu de lucht bemonsterd. De monsternemers werden zodanig opgesteld dat deze in de rookwolk zouden komen te staan. Benedenwinds stonden drie masten met een onderlinge afstand van 1 m naast elkaar opgesteld. Op de buitenste masten werden op hoogtes van 2 en 3 m monsternemers geplaatst. De middelste mast werd enkel voorzien van monsternemers op een hoogte van 2,5 m.

Voor de bemonstering van de stoffractie met betrekking tot de organische verbindingen werd het rookstof afgevangen op een glasvezelfilter. Voor de anorganische stoffractie werd het stof afgevangen op een met koolstof gecoat membraanfilter. De vluchtige organische verbindingen werden bemonsterd op een Tenax-absorptiebuis. Na de laatste verbranding werden, alvorens te blussen, grondmonsters genomen. De grond werd overgebracht in plastic zakken. De volgende monsters werden genomen:

- grond van de toplaag van circa 2 cm dikte van de droge grond na de laatste verbranding;
- grond 2 cm diep onder de toplaag op het droge gedeelte;

- grond van de toplaag circa 0,5 m naast de verbrandingsplaats;
- natte grond van de toplaag met bluswater;
- asresten van verkoold en deels niet verbrand doek van de zakken en onverbrande kruittkorrels.

De natte grond met bluswater werd gescheiden in grond en bluswater. De aanwezige kruittkorrels in de grondmonsters werden verwijderd om geen vertekend beeld van de chemische vervuiling te krijgen.

Gezien het vlotte verloop van de metingen bij de kruittverbranding, werd besloten de tweede helft van de dag te gebruiken om luchtmonsters te nemen tijdens het explosief vernietigen van munitie in de springputten van het ASK Cp-11. Dit stond later in de week gepland.

Als gevolg van de onverwachte regen werden alleen persoonsgebonden metingen uitgevoerd.

Bij de springputten werden twee personen met een Tenax-buis op de revers uitgerust. Een derde Tenax-buis werd in de bunker geplaatst. Gedurende de vernietiging van de kavels werd de lucht constant bemonsterd.

Door de weersverandering draaide de wind richting bunker. Hierdoor ging de rookwolk over de bunker heen en kwam gedeeltelijk in de bunker terecht.

Gezien de weersomstandigheden voor de overige dagen van de week en de zeer natte bodem werd besloten om de luchtmetingen, gericht op de aanwezigheid van glasvezels in de stofwolk afkomstig van de vernielingslading, te verschuiven naar het voorjaar van 1999.

De vernietigingswerkzaamheden in juli 1999 vonden plaats in series. In één serie werden in twee kuilen, tegelijk of kort na elkaar ($< 0,5$ min), munitie vernietigd. Per kuil werd één kavel vernietigd met behulp van een vernielingslading of met kneedspringstof. Een kavel is een kistje munitie met een maximale inhoud van 20 kg.

Op verzoek van het EOCKL werden door het TNO-PML diverse metingen uitgevoerd.

- Stationaire luchtmetingen ten aanzien van de aanwezigheid van respirabele glasvezels op verschillende plaatsen benedenwinds in de stofwolk die tijdens het vernietigen met vernielingsladingen kunnen ontstaan.
- Persoonsgebonden metingen ten aanzien van organische dampen en de aanwezigheid van glasvezels in de atmosfeer tijdens werkzaamheden van de EOD-medewerkers (Explosieven Opruimings Dienst) in de springput.
- De mate van verontreiniging van organische verbindingen op de beschermende kleding, handschoenen en laarzen.
- De mate van verontreiniging met organische verbindingen op de huid.
- Grondmonsters ten aanzien van de bodemverontreiniging in en aan de rand van de springput.

In bijlage A wordt het overzicht gegeven van alle genomen monsters.

2.1 Monsternemingen en analyse kruitverbranding

2.1.1 Stofconcentratie en organische verbindingen in het stof

Het stof werd afgevangen op een glasvezelfilter (Sartorius, type SM13400-S-25). De lucht werd door het filter gezogen met een debiet van 10 l/min met behulp van een 'high volume' pompje (Tecora en Becker).

De afgevangen hoeveelheid stof werd bepaald door het filter onder geconditioneerde omstandigheden vóór en ná de monsterneming te wegen. De stofconcentratie werd berekend uit het quotiënt van de hoeveelheid stof en het bemonsterde volume. De organische fractie in het stof werd bepaald door de filters over te brengen in een 4 ml-monsterflesje (amberglas). Hieraan werd 2 ml acetonitril (p.a.) met als interne standaard methylcentraliet (0,0855 mg/ml) toegevoegd. De monsterflesjes werden plat op een schudmachine bij 175 omwentelingen per minuut gedurende 16 uur geëxtraheerd.

De extracten werden geanalyseerd met behulp van hoge druk vloeistofchromatografie (HPLC) in combinatie met een UV-detector.

2.1.2 Anorganisch stof en organische dampen

Voor de bepaling van de anorganische fractie in het stof en de vluchtige organische verbindingen werd een gecombineerde monsterneming uitgevoerd.

Het stof werd afgevangen op een met koolstof gecoat membraanfilter (Poretics, type polycarbonaat, 0,8 µm poriëndiameter, diameter 25 mm). De organische dampen werden afgevangen op een Tenax-absorptiebuis (100 mg Tenax-TA 20/35 mesh).

De lucht werd door het filter en vervolgens door de Tenax-buis gezogen met een debiet van 50 ml/min met behulp van constant-debietpompje (DuPont, type P4Lc en SKC, type PCXR7). De bemonstering duurde de gehele verbrandingsperiode van 145 minuten.

De karakterisering van de anorganische fractie in het stof werd uitgevoerd met behulp van een rasterelektronenmicroscoop in combinatie met röntgenmicroanalyse (REM-RMA).

De organische verbindingen op de absorptiebuis werden na thermische desorptie van de buis geïdentificeerd met behulp van een gaschromatograaf in combinatie met een massaspectrometer (GS-MS).

2.1.3 Grondmonsters en bluswater

De grondmonsters werden overgebracht in glazen monsterpotten van 1 liter en tot de analyse in de diepvriezer bij -20 °C opgeslagen. Na het ontdooien van de monsters werd de grond in elke pot goed geschud en omgeroerd om een homogeen monster te krijgen. Van elk monster werd 20 gram grond afgewogen. Hieraan werd 20 ml acetonitril (Merck, Uvasol) toegevoegd. Het mengsel werd op een schudmachine bij 140 omwentelingen per minuut gedurende 18 uur in het donker geëxtraheerd. Vervolgens werd het extract via een inert stoffilter (Alltech, PTFE, 0,45 µm, 25 mm polypropyleen) overgebracht in een 4 ml-monsterfles van amberglas.

De extracten werden geanalyseerd met behulp van hoge druk vloeistofchromatografie (HPLC) met een UV-detector voor de aanwezigheid van kruitverbindingen en met gaschromatografie (GC) met behulp van een 'electron capture' detectie (ECD) voor de aanwezigheid van nitroverbindingen. Van een aantal extracten werden de belangrijkste verbindingen geïdentificeerd met behulp van gaschromatografie in combinatie met een massaspectrometer.

Van de gevonden verbindingen werd een schatting van de concentratie gegeven. De concentraties van de componenten in de grond werden gerelateerd naar de hoeveelheid droge grond. Hiervoor werd het vochtgehalte van de grondmonsters bepaald door circa 20 gram grond te drogen en het gewichtsverlies te bepalen.

Van de waterfractie van het bluswater werd 5 ml over een Sep-Pak-cartridge (Waters, Poropak) geleid. Vervolgens werden de componenten in de cartridge met 4 ml acetonitril (p.a.) met als interne standaard methylcentraliet (0,0855 mg/ml) geëvalueerd. De extracten werden geanalyseerd met behulp van hoge druk vloeistofchromatografie (HPLC) met een UV-detector.

2.2 Monsterneming en analyse munitievernietiging

Bij het gebruik van een vernielingslading om kavels te vernietigen bestond de vrees dat glasvezels, afkomstig van het kunststof omhulsel van de vernielingslading, in de atmosfeer en de bodem vrijkomen. Het risico bestaat dat tijdens de werkzaamheden bij een droge bodem de vezels door opstuiven kunnen worden ingeademd. Om vast te stellen of er vezels vrijkomen werden stofmetingen verricht op diverse plaatsen in de stofwolk na een detonatie met een vernielingslading.

Hiervoor werden luchtmonsters genomen gedurende het vernietigen van 2; 8 en 24 kavels met vernielingsladingen. De tijdsduur van het voorbijtrekken van een stofwolk langs de masten lag tussen de 10 en de 15 seconden.

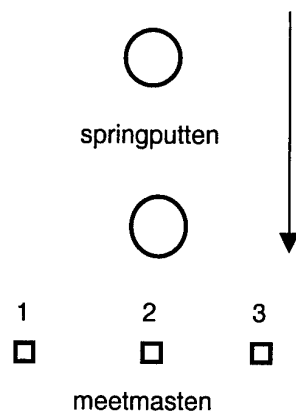
Daarnaast werden persoonsgebonden metingen verricht voor het meten van vezels tijdens de werkzaamheden van het personeel in de springputten. Dit wordt in paragraaf 2.2.1 besproken.

In figuur 1 wordt schematisch de meetopstelling weergegeven van de bemonstering in de stofwolk na de vernietiging van munitiekavels.

De afstand van de drie masten ten opzichte van de eerste kuil bedroeg circa 25 meter, de onderlinge afstand van de masten was circa 3 meter. In elke mast werden twee filterhouders (Germann, 25 mm 'air monitoring cassettes') op hoogtes van 1,75 m en 3 m bevestigd. De lucht werd met een debiet van 10 l/min door het filter gezogen en ter plaatse gecontroleerd met een debietmeter. Het stof werd afgevangen op een met koolstof gecoat membraanfilter (Poretics, polycarbonate, 0,8 µm, 25 mm).

Na de monsterneming werd de afgevangen hoeveelheid stof op de filters bepaald door het filter voor en na de monsterneming te wegen.

Het stof op de filters werd met behulp van de rasterelektronenmicroscopie en röntgenmicroanalyse onderzocht op de aanwezigheid van glasvezels.



Figuur 1: Schematische weergave van de meetmasten benedenwinds van de springputten.

2.2.1 Persoonsgebonden metingen

De organische dampen werden afgevangen zoals eerder werd beschreven (paragraaf 2.1.2). Het aangezogen debiet bedroeg hier 0,1 l/min. De bemonstering duurde de gehele werkperiode.

De organische verbindingen op de buizen werden met behulp GC-MS geïdentificeerd en de concentraties werden semi-kwantitatief bepaald.

Zowel de werkzaamheden van het ingraven als het vernietigen van de kavels werd door twee personen uitgevoerd. Deze personen waren uitgerust met twee monsternemers: één voor de monsterneming van organische dampen en één voor het afvangen van stof met hierin mogelijk glasvezel afkomstig van de vernielingslading. De aanzuigopening van de monsternemers bevond zich in de ademzone van de persoon en waren bevestigd op het revers.

Als blanco meting werd een persoon in de bunker uitgerust met gelijke bemonsteringsapparatuur.

Het stof werd bemonsterd door de lucht met een debiet van 0,5 l/min met behulp van een contant-debietpompje door het filter te zuigen. Het stof werd afgevangen op een met koolstof gecoat membraanfilter (Poretics, polycarbonate, 0,8 µm, 25 mm). De tijdsduur van de monsterneming was gelijk aan de werkperiode. Na de monsterneming werd de afgevangen hoeveelheid stof op de filters bepaald door het filter voor en na de monsterneming te wegen. Het stof op de filters werd met behulp van de rasterelektronenmicroscopie en röntgenmicroanalyse onderzocht op de aanwezigheid van glasvezels.

2.2.2 Organische verontreiniging van de kleding

Organische verontreiniging van de kleding werd alleen gemeten tijdens de werkzaamheden in juli 1999.

Van één van de medewerkers belast met de werkzaamheden in de springput werden aan het einde van elke werkdag één overall en een paar werkhandschoenen meegenomen. Van de buitenzijde van de laarzen werd een veegmonster genomen door een tissue te bevochtigen met alcohol 70 vol.% en over de laars te vegen.

De beschermende kledingstukken en het veegmonster werden op het laboratorium nader onderzocht op de aanwezigheid van organische verontreinigingen die toe te schrijven zijn aan de vernietiging van de munitie.

De buitenzijde van de broekspijpen en mouwen van de overalls en de buitenzijde van de handschoenen werden geëxtraheerd met 100 ml acetonitril (Merck, HPLC grade). Het veegmonster werd geëxtraheerd met 20 ml acetonitril.

Van elk extract werd 4 ml vloeistof via een stoffilter overgebracht in een monsterflesje.

Het extract werd vervolgens met gaschromatografie (GC) in combinatie met een 'electron capture detector' (ECD) geanalyseerd op de aanwezigheid van nitroverbindingen en door middel van hoge druk vloeistofchromatografie (HPLC) voor de analyse van kruitcomponenten. Onbekende verbindingen in de chromatogrammen werden geïdentificeerd met GC-MS.

2.2.3 Organische verontreiniging op de huid

Organische verontreiniging op de huid werd alleen gemeten tijdens de werkzaamheden in juli 1999.

Driemaal werd aan het einde van de werkzaamheden bij de personen werkzaam in de springput en bij een persoon in de bunker, een veegmonster genomen van de huid van het voorhoofd. Hiervoor werd een tissue bevochtigd met een alcoholoplossing van 70 vol.% waarna de huid werd schoongepoetst. De tissue werd overgebracht in een monsterfles. Op het etiket stonden dag, tijd en oorsprong.

Op het laboratorium werd de tissue opgewerkt zoals beschreven is voor de veegmonster van de laarzen.

Het extract werd vervolgens met gaschromatografie (GC) in combinatie met een 'electron capture detector' (ECD) geanalyseerd op de aanwezigheid van nitroverbindingen. Onbekende componenten in het chromatogram werden geïdentificeerd met GC-MS.

2.2.4 Grondmonsters munitievernietiging

Van de bodem in en rond de springput nummer 2 (zie figuur 1) werden grondmonsters genomen van het oppervlak en op een halve meter diepte. Deze springput lag benedenwinds van de andere springput waardoor het zand en stof met de wind in springput nummer 1 terecht kwam. De grondmonsters genomen in de springput werden op de plaats verzameld waar een aantal vernietigingen had plaatsgevonden. In tabel 1 staan de gegevens vermeld betreffende de werkzaamheden die vooraf aan de monsterneming van de grond waren gedaan.

Organische verbindingen

De grondmonsters werden overgebracht in glazen monsterpotten van 1 liter en tot de analyse in de diepvriezer bij -20°C opgeslagen. De opwerking vond 14 dagen na de monsterneming plaats, zoals eerder werd beschreven (paragraaf 2.1.3).

Tabel 1: De werkzaamheden voorafgaande aan de genomen grondmonsters.

Nr.	Datum	Tijd	Plaats	Werkzaamheden vooraf aan de bemonstering
1	28/7/99	10.15	In kuil 1, oppervlak	Geen (blanco)
2			In kuil 1, 50 cm diep	
3			Rand kuil 1, oppervlak	
4			Rand kuil 1, 50 cm diep	
5	28/7/99	13.00	Rand kuil 1, oppervlak	6 kavels met kneedspringstof
6			Rand kuil 1, 50 cm diep	
7			In kuil 1, oppervlak	
8			In kuil 1, 50 cm diep	
9	29/7/99	8.10	In kuil 1, oppervlak	6 kavels met kneedspringstof
10			In kuil 1, 50 cm diep	
11			Rand kuil 1, oppervlak	
12			Rand kuil 1, 50 cm diep	
13	30/7/99	8.15	Rand kuil 1, oppervlak	26 kavels met vernielingslading
14			Rand kuil 1, 50 cm diep	
15			In kuil 1, oppervlak	
16			In kuil 1, 50 cm diep	
17	30/7/99	11.00	Rand kuil 1, oppervlak	18 kavels (8 met vernielingslading)
18			Rand kuil 1, 50 cm diep	
19			In kuil 1, oppervlak	
20			In kuil 1, 50 cm diep	

Anorganische verbindingen

De grondmonsters werden onderzocht op de aanwezigheid van metalen. Hiervoor werd 8 gram droge grond gemengd met 2 gram boorzuur. Van het mengsel werd een tablet geperst. Het tablet werd met behulp van een röntgenspectrometrometer (Philips, PW1404) kwalitatief onderzocht op de aanwezigheid van metaalverbindingen. Daarnaast werd semi-kwantitatief een schatting gemaakt van de belangrijkste geïdentificeerde metalen. Bij deze berekening werden de metalen berekend als oxide.

3 Resultaten

3.1 Stationaire luchtmetingen

Kruitverbranding

De GC-MS analyseresultaten van de organische verbindingen die met Tenax-absorptiebuizen benedenwinds van de kruitverbranding werden bemonsterd, geven overeenkomende chromatogrammen.

De hoogste concentratie van het totaal aan organische verbindingen benedenwinds van de kruitverbranding bedroeg $42,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De achtergrondconcentratie op het terrein bedroeg $17,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De verhoging in concentratie werd veroorzaakt door alkanen (C_{10} en hoger), 2-ethylhexanol en benzoëzuur. Deze verbindingen komen voor in dieseluitletgasen en zijn afkomstig van de brandweerauto die bovenwinds de verbrandingsplaats benaderde voor de bluswerkzaamheden.

Componenten afkomstig van de kruitverbranding konden niet worden aangetoond.

De stofconcentratie die benedenwinds gemeten werd bedroeg gemiddeld $0,07 \text{ mg}/\text{m}^3$ met een maximum van $0,11 \text{ mg}/\text{m}^3$ en een minimale waarde van $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$. De achtergrondwaarde bedroeg minder dan $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$.

In het stof van zowel de monsters als van het achtergrondmonster werden met behulp van GC-MS geen organische verbindingen geïdentificeerd.

Met behulp van de REM-RMA werd in het stof kaliumsulfaat geïdentificeerd, dat als vlamdemper in het kruit aanwezig was. De kaliumsulfaatdeeltjes zijn kleiner dan $1 \mu\text{m}$, met de grootste fractie tussen de $0,5$ en $0,2 \mu\text{m}$. Voor kaliumsulfaat geldt een MAC-waarde van $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ voor respirabel stof (deeltjes $< 5 \mu\text{m}$). De gemeten concentraties hebben betrekking op de emissie in de verbrandingswolk, die ook nog van het personeel wegwaait.

Munitievernietiging

Op de eerste dag werd bij de vernietiging van de kavels alleen gebruikgemaakt van kneedspringstof. Aangezien er in kneedspringstof geen glasvezels aanwezig zijn werden toen geen stationaire luchtmetingen uitgevoerd.

In tabel 2 staan de gegevens vermeld van de monsterneming en de gemiddelde stofconcentratie van de stofwolk tijdens het vernietigen van kavels met vernielingsladingen. De gemiddelde stofconcentratie van de wolk werd berekend door uit te gaan van het aantal kavels en van een verblijfstijd van een stofwolk rond de monstersnemingsmasten van 15 seconden.

Tabel 2: De gegevens van de monsterneming en de gemiddelde stofconcentratie van de stofwolk na het vernietigen van 2; 8 en 24 kavels.

Aantal kavels	Mastnr.	Monsterhoogte (m)	Stofmassa op filter (g)	Bemonsteringstijd (min)	Wolk (min)	Stofconcentratiewolk mg/m ³
Datum 29 juli 1999						
2	1	1,75	0,00026	20	½	52,0
	1	3,0	0,00026	20	½	52,0
	2	1,75	0,00022	20	½	44,0
	2	3,0	0,00022	20	½	44,0
	3	1,75	0,00034	20	½	68,0
	3	3,0	0,00021	20	½	42,0
Datum 29 juli 1999						
24	1	1,75	0,00808	115	6	134,7
	1	3,0	0,00017	115	6	2,8
	2	1,75	0,00735	115	6	122,5
	2	3,0	0,00895	115	6	149,2
	3	1,75	0,00651	115	6	108,5
	3	3,0	0,00513	115	6	85,5
Datum 30 juli 1999						
8	1	1,75	0,00165	70	2	82,5
	1	3,0	0,00004	70	2	2,0
	2	1,75	0,00128	70	2	64,0
	2	3,0	0,00238	70	2	119,0
	3	1,75	0,00155	70	2	77,5
	3	3,0	0,00125	70	2	62,5

Voor het bepalen van de aanwezigheid van de glasvezels in het stof met behulp van de rasterelektronenmicroscoop werden die filters gebruikt waarvan de afgevangen stofmassa circa 0,2 mg bedroeg. Grotere hoeveelheden stof op het filter zijn niet geschikt voor deze techniek.

Door verschillende aantallen kavels te bemonsteren werden geschikte monsters verkregen. Van tevoren kan niet worden vastgesteld welke bemonsteringsduur gehanteerd moet worden bij het bemonsteren van een stofwolk in het vrije veld.

Van de drie filters die in aanmerking komen zijn twee filters onderzocht. In het stof op de filters werden geen sporen van glasvezels aangetroffen. Het stof bestond voornamelijk uit kwarts, alkaliveldspaat en aluminiumsilicaten. Daarnaast werden in veel lagere concentraties ijzeroxide, zink, koper en lood waargenomen. De concentraties van deze componenten werden niet bepaald; in de praktijk staan er geen personen benedenwinds van de stofwolk.

Door het uitzakken van het stof naar de bodem kan gesteld worden dat het terrein rondom de springput wordt verontreinigd.

De organische verbindingen in het stof werden niet geanalyseerd; dit viel buiten de opdracht.

3.2 Persoonsgebonden metingen munitievernietiging

Bij één van de Tenax-buizen van de persoonsgebonden metingen bemonsterd op 17 november 1998 werd N-nitroso-diethylamine aangetoond in een concentratie van $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze stof staat bekend als carcinogeen en heeft een MAC-waarde van $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [1]. De verbinding kan gevormd worden uit stikstofmonoxide (NO) en diethylamine. Diethylamine en het verwante diethylformamide werden eveneens aangetoond in hetzelfde monster. Bij het explosief vernietigen wordt stikstofmonoxide (NO) gevormd [3].

Aan deze huidige bevinding zit een kanttekening. Slechts in één van de bemonsterde Tenax-buizen werd N-nitroso-diethylamine aangetoond. Dit kan betekenen dat het om een toevalstreffer gaat en niet om het systematisch vrijkomen van deze verbinding. Dit kan samenhangen met de lokale aanwezigheid van diethylamine. Verder is niet uit te sluiten dat de vorming van N-nitroso-diethylamine pas optreedt in de monsternamebuis op het Tenax-adsorbens als gevolg van het bemonsteren van diethylamine en NO.

De detectie van N-nitroso-diethylamine zou dus het gevolg kunnen zijn van een toeval of experimenteel artefact. Door het herhalen van de proefnemingen kan dit mogelijk vastgesteld worden.

Aangezien de concentratie in de buurt komt van de MAC-waarde is het dragen van een gasmasker met actief kool aan te bevelen. Door het dragen van het masker kan inademing van N-nitroso-ethylamine en andere aanwezige organische verbindingen tijdens de werkzaamheden in de springput worden voorkomen.

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden werd waargenomen dat de medewerkers binnen 5 minuten na de detonatie de springput ingingen om de volgende kavel te plaatsen.

De personen droegen hierbij beschermende kleding en adembescherming voor de organische damp en stoffractie.

In tabel 3 staan de gegevens betreffende de monsternemingen, de werkzaamheden gedurende de meetperiode en de gemeten stof- en dampconcentraties vermeld. De werkperiode was gelijk aan de meetperiode.

Op geen van de persoonsgebonden stofmonsters werden glasvezels aangetoond. De hoeveelheid stof afgevangen op de filters lag rond de detectiegrens van de grafimetrische bepaling. Er was geen duidelijk verschil waar te nemen tussen de verschillende persoonsgebonden stofmonsters.

Op alle filters worden deeltjes kwarts (SiO_2), veldspaat (K, Na< aluminium silicaat), aluminiumsilicaat en ijzerhoudende deeltjes waargenomen. Deze in de lucht voorkomende deeltjes behoren tot de achtergrond. Op de filters van de medewerkers in de springput is het gehalte aan ijzerhoudende deeltjes iets groter. Daarnaast werden enkele zink- en nikkelhoudende deeltjes gedetecteerd. Op één filter, bemonsterd op de tweede werkdag gedurende de werkzaamheden in de springput, werden loodhoudende deeltjes waargenomen. De concentratie lood in de werkatmosfeer bedroeg minder dan $0,0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ligt ruim beneden de MAC-waarde van lood ($0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$ in totaal stof).

De GC-MS chromatogrammen van de organische verbindingen afgevangen op de Tenax-buizen bemonsterd in de bunker en bij de persoonsgebonden metingen komen met elkaar overeen. In bijlage B worden de resultaten gegeven van de organische verbindingen van de persoonsgebonden monsterneming. Aan de hand van het doorgezogen volume van de Tenax-buis werd de gemiddelde concentratie van de geanalyseerde componenten berekend. In de tabel is te zien dat op de tweede en derde meetdag 29/7/99 en 30/7/99 tetrachlooretheen en hexachloorethaan werden gemeten. De overige componenten komen overeen met de waarden welke ook in de bunker werden gemeten ofwel de achtergrondconcentratie. In de tabel zijn tevens de MAC-waarden van de organische verbindingen weergegeven, voor zover deze bekend zijn. De concentraties van de individuele componenten liggen ruim beneden de bijbehorende MAC-waarden.

Tabel 3: Persoonsgebonden bemonstering met Tenax-absorptiebuizen en filters.

Werkplek	Werkzaamheden tijdens bemonstering	Stofconcentratie (mg/m ³)	Tenax-nr.
Datum 28/7/99; tijd 10.15 – 13.00 uur			
Kuil	Vernietiging 6 kavels met kneedspringstof	6	1
Kuil		3	2
Bunker	geen	< 1	3
Datum 28/7/99; tijd 15.00 – 16.15 uur			
Kuil	Vernietiging 6 kavels met kneedspringstof	1	4
Kuil		< 1	5
Bunker	geen	< 1	6
Datum 29/7/99; tijd 9.10 – 10.55 uur			
Kuil	Vernietiging 26 kavels met vernielingslading	< 1	7.
Datum 29/7/99; tijd 13.00 – 13.30 uur			
Kuil		< 1	8
Bunker	geen	< 1	9
Datum 30/7/99; tijd 9.05 – 11.00 uur			
Kuil	Vernietiging 18 kavels (8 met vernielingslading)	< 1	7
Kuil		< 1	8
Bunker	geen	3	9

3.3 Organische verontreiniging van de werkkleding en veegmonsters van de huid

De extracten van de kledingmonsters werden geanalyseerd met GC-ECD. Deze techniek is zeer gevoelig voor nitroverbindingen en andere componenten met een hoge elektronenaffiniteit. Met de HPLC-UV in combinatie met 'Diode Array' identificatie werden de extracten onderzocht op kruitcomponenten en ontledingsproducten.

Op de werkkleding van de eerste werkdag werden geen TNT en DNT's aangetoond. Op die dag werden alleen kavels met kneedspringstof vernietigd. De onbekende pieken in het GC-ECD-chromatogram konden, gezien de lage concentratie ($< 50 \text{ pg}/\mu\text{l}$), niet met GC-MS ('electron impact') worden geïdentificeerd.

Op de werkkleding van de tweede en derde werkdag werden TNT en DNT's aangetoond. Ter controle werden twee extracten (een van de mouw en een van de broekspijpen) onderzocht met GC-MS door middel van CI (Chemische Ionisatie). In deze beide extracten werd 2,4,6 TNT; 2,4 DNT en 2,6 DNT geïdentificeerd.

In de veegmonsters van de laarzen, gedragen gedurende de werkzaamheden op de tweede dag, werd slechts een spoortje TNT aangetoond. Deze lage hoeveelheid TNT in het stof op de laars laat zien dat door het lopen in schone grond de verontreiniging wordt 'weggepoetst'.

Daarnaast werden weermakers afkomstig uit de kunststof werkkleding en van de handschoenen aangetoond. In tabel 4 staan de resultaten vermeld van TNT en DNT's welke op de beschermende kleding werden aangetoond.

Met de HPLC-analyse kon alleen in één extract met de hoogste concentratie TNT worden aangetoond. In één extract van de handschoenen van de tweede werkdag werd met HPLC difenylamine aangetoond.

Tabel 4: De concentratie TNT en DNT's welke op de beschermende kleding werden aangetoond.

Componenten	Beschermende kleding				
	Broekspijpen overall (mg)	Mouwen overall (mg)	Handschoenen (mg)	Laarzen (mg)	Huid (mg)
2,4,6 trinitrotolueen	(0,7-1*) 0,1-0,8	0,3-0,15	0,24-0,01	0,001-n.a.	n.a.
2,4 dinitrotolueen	0,003-0,02	0,01-0,002	0,01-0,00	n.a.	n.a.
2,6 dinitrotolueen	0,004-0,02	0,01-0,004	0,01-0,0	n.a.	n.a.
dibutylftalaat	n.a.	n.a.	2,3	n.a.	n.a.

* HPLC-analyse.

n.a. = niet aantoonbaar.

In geen van de veegmonsters genomen van het stof op de huid werden nitroverbindingen of kruitcomponenten aangetoond. De detectiegrens van de analyse op basis van TNT bedroeg $0,1 \mu\text{g}$ per veegmonster. De onbekende pieken in het GC-ECD-chromatogram konden, gezien de lage concentratie ($< 50 \text{ pg}/\mu\text{l}$), niet met GC-MS ('electron impact') worden geïdentificeerd.

3.4 Grondmonsters

Kruitverbrandingsplaats

In de bovenlagen van de bodem van de verbrandingsplaats, de aanwezige asresten en onverbrande kruitkorrels werden organische verbindingen gevonden zoals nitroglycerine, n-nitroso-difenylamine, difenylamine, 2-nitroso-difenylamine en dibutylftalaat. Deze verbindingen zijn afkomstig uit het kruit. In tabel 5 worden de

concentraties gegeven van de verschillende componenten per gram grond, in de asrest en in het bluswater op de grond.

Tabel 5: De concentraties van de verschillende componenten per gram grond, per gram asrest en per ml bluswater op de grond.

Type grondmonster	Nitroglycerine (mg/kg)	N-nitroso- difenylamine (mg/kg)	Difenyla- mine (mg/kg)	2-nitro difenylamine (mg/kg)	Dibutylfta- laat (mg/kg)
achtergrond	< 2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,5
toplaag droog	1810	< 0,1	2,6	< 0,1	276
onderlaag droog	25	13,5	< 0,1	< 0,1	2,8
toplaag rondom	448	< 0,1	< 0,1	< 0,1	70,7
natte grond	1600	0,9	27,7	1,7	319
asrest	5270	22,8	1,1	16,8	706
bluswater op de grond	472 in (µg/ml)				

Munitievernietigingsplaats

In bijlage C worden de elementen vermeld van de anorganische verbindingen die in de grondmonsters werden aangetoond. Met röntgenfluorescentie werden in alle grondmonsters elementen aangetoond die in zandgrond voorkomen. Deze worden niet nader gespecificeerd. In een aantal grondmonsters werden afwijkende elementen gevonden die niet in zand voorkomen. In de tabel van bijlage C worden deze als oxide vermeld.

In de tabel is te zien dat voor de vernietiging geen elementen konden worden aangetoond die niet in zand voorkomen. Dit houdt in dat verontreinigingen van voorgaande vernietigingen niet werden aangetoond in deze springput.

Daarnaast is te zien dat gedurende het verloop van de werkzaamheden de verontreiniging toeneemt. Het valt op dat de lood (Pb)-verontreiniging na de tweede en derde dag sterk is toegenomen. Deze bevindt zich vooral op een halve meter in de grond van de bodem van de springput. Tevens werden de elementen chloor, zwavel, koper, zirkonium, zink en ijzer teruggevonden.

In de tabel werden voor zover bekend van de metalen de 'landelijke achtergrond streefconcentratie waarde' en het Maximaal Toelaatbaar Risico-niveau (MTR) vermeldt [2]. Voor koper, zink en lood is te zien dat het MTR vooral in de bodem van de springput zeer sterk wordt overschreden. In het oppervlak van en rondom de springput ligt de koperconcentratie boven het MTR-niveau. Op basis van koper, zink en lood is de bodem in en rondom de springput verontreinigd.

De springstofresten die in de grond werden aangetoond staan vermeld in bijlage D. In de tabel is te zien dat in de grondmonsters genomen voordat de werkzaamheden begonnen, geen organische verontreinigingen konden worden gemeten minder dan 0,01 µg/g grond met de GC-ECD en minder dan 1 µg/g grond met de GC-FID en HPLC.

Tijdens het vernietigen van munitiekavels door middel van detonatie werden schadelijke verbindingen aangetoond zoals 2 amino-dinitrotolueen (2A-DNT), 4 amino-dinitrotolueen (4A-DNT), N-nitrosodifenylamine (N-nitroso-DFA), 2,4 dinitrotolueen (2,4 DNT), 2,4,6 trinitrotolueen (2,4,6 TNT) en dibutylftalaat (DBF). De concentraties in de grondmonsters varieerden sterk. Wel viel op dat na het gebruik van de vernielingslading TNT en verwante nitroverbindingen werden aangetoond. De N-nitroso-difenylamine kan worden toegeschreven aan resten van kruit in de kavels. De concentraties van de verbindingen variëren van enkele tienden $\mu\text{g/g}$ tot $4\mu\text{g/g}$ (ppm).

4 Bespreking

Bij het verbranden van het kruit wordt de bodem verontreinigd met componenten welke in kruit aanwezig zijn en door ontleding gevormd worden. Bij het vernietigen van munitie door middel van openluchtdetonatie is eveneens sprake van het verspreiden van schadelijke stoffen.

De grond van de verbrandingsplaats is vervuild met restproducten van kruiden. Er bestaan geen normen met betrekking tot de bodemverontreiniging van de aangevoerde componenten. Voor totaal ftalaten wordt een norm gehanteerd van 0,1 mg/g streefwaarde en 60 mg/kg interventiewaarde [2]. Dibutylftalaat valt binnen deze groep. De streefwaarden kunnen in de regel worden beschouwd als concentratieniveaus waarboven sprake is van bodemverontreiniging. Bij overschrijding van de interventiewaarde is sprake van ernstige bodemverontreiniging. Sanering van de grond is van toepassing op bewoonde gebieden. Voor militaire terreinen zijn geen normen vastgesteld. De gemeten concentraties voor dibutylftalaat (317 mg/kg) liggen boven de interventiewaarde. Gesteld kan worden dat de bodem ernstig vervuild is.

In de droge onderlaag werden beduidend lagere waarden teruggevonden. Nader onderzoek is wenselijk om de mate van vervuiling in de diepte vast te stellen.

De risico's van de verontreinigde bodem worden veroorzaakt door het contact met de grond. Nitroglycerine kan door de huid worden opgenomen [1]. Nitrosoamines worden beschouwd als carcinogene verbindingen. Contact met de bodem en asresten moet vermeden worden. Het contact met de huid moet vermeden worden; het dragen van kunststof handschoenen is noodzakelijk. De vervuiling bevindt zich aan het oppervlak. Het lopen over de kruitverbrandingsplaats zal een vervuiling van het schoeisel veroorzaken. Dit houdt in dat dit na afloop moet worden gereinigd.

Bij persoonsgebonden metingen werd gedurende de werkzaamheden in de springput N-nitroso-diethylamine aangetoond. Deze stof is kankerverwekkend.

Bij het beoordelen van arbeidshygiënische situaties wordt gebruikgemaakt van grenswaarden, zoals gedefinieerd in de Nationale MAC-lijst [1]. 'De luchtgrenswaarde van een stof is de maximaal aanvaarde concentratie (MAC-waarde) van een gas, damp, nevel of van een stofvormig agens in de lucht op de werkplek. Bij het vaststellen ervan wordt zoveel mogelijk als uitgangspunt gehanteerd dat die concentratie bij herhaalde expositie ook gedurende een langere tot zelfs een arbeidsleven omvattende periode -voor zover de huidige kennis reikt- in het algemeen de gezondheid van zowel de werknemer als van hun nageslacht niet benadeelt' [1]. De MAC-waarde geldt als een tijdgewogen gemiddelde (MAC-TGG) voor een achturige werkdag, dat wil zeggen bij een blootstelling tot 8 uur per dag en niet meer dan 40 uur per week gedurende een arbeidzaam leven. Bij overschrijding van deze

blootstellingsduur dient een overeenkomstig verlaagde MAC-TGG te worden gehanteerd.

Voor een aantal stoffen is een grenswaarde vastgesteld als tijdgewogen gemiddelde over 15 minuten. Tijdgewogen gemiddelden laten kortdurende overschrijdingen toe, vooropgesteld dat het tijdgewogen gemiddelde over de werkdag niet wordt overschreden. Voor die stoffen waarvoor (nog) geen MAC-TGG 15 minuten is vastgesteld, wordt als richtsnoer een factor 2 gehanteerd met betrekking tot de MAC-TGG voor een blootstelling tot 8 uur.

Stoffen die relatief gemakkelijk door de huid kunnen worden opgenomen, hetgeen een substantiële bijdrage kan betekenen aan de totale inwendige blootstelling, worden aangeduid met de letter 'H'. Bij deze stoffen moeten naast maatregelen tegen inademen ook adequate maatregelen ter voorkoming van huidcontact worden genomen.

Voor kankerverwekkende stoffen met een zogenaamd genotoxisch werkmechanisme bestaan geen veilige drempelwaarden waaronder geen gezondheidsschade (meer) optreedt. In principe is één molecuul van een dergelijke stof voldoende om kanker te veroorzaken. Of dat daadwerkelijk ook plaatsvindt, hangt af van de effectiviteit het van verdedigings- en herstelmechanisme in het lichaam.

De hoeveelheden TNT, DNT's, en difenylamine die op de werkkleding en handschoenen werden aangetoond laten zien dat het dragen van beschermende kleding noodzakelijk is. Na het vernietigen van de kavelen blijven meetbare restproducten over. De concentratie van de aanwezige onbekende verbindingen ligt op het sporenniveau. Het is niet te verwachten dat bij gebruik van beschermende kleding een arbeidshygiënisch risico's zal optreden.

In tabel 6 worden de MAC-waarden behorende bij de belangrijkste aangetoonde componenten in de kruitresten weergegeven.

De gemeten concentratie aan inert stof ligt beneden de MAC-waarde van inert stof (10 mg/m^3). Gezien de droge en stoffige condities in en rondom de springput, is het niet te verwachten dat bij voor Nederland normale terreinomstandigheden - een vochtige bodem - de stoffractie een arbeidshygiënisch probleem zal opleveren. Ook het percentage zware metalen dat door verstuiving kan worden ingeademd ligt ver beneden de MAC-waarde.

Tabel 6: De MAC-waarde van de componenten aanwezig in kruit en bijbehorende ontledingsproducten.

Component	MAC-waarde (mg/m^3)
nitroglycerine	0,5 H
n-nitrosodifenylamine	n.b.
difenylamine	10 (5 mg/m^3 als respirabel aërosol)
2-nitrodifenylamine	n.b.
dibutylftalaat	10 (5 mg/m^3 als respirabel aërosol)

H = stof wordt door de huid relatief gemakkelijk opgenomen.

n.b. = niet bekend; nitrosoamines worden als carcinogeen voor de mens beschouwd [1].

Het dragen van een gasmasker met actief kool is tijdens de werkzaamheden in de springput noodzakelijk. De door de Koninklijke Landmacht gebruikte gasmaskers zijn hiervoor geschikt. Wel moet er op worden toegezien dat personeel niet direct na een explosie in de springkuilen gaat, daar uit eerdere metingen is gebleken dat er hoge concentraties koolmonoxide in de kuilen achterblijven. Gasmaskers kunnen namelijk geen koolmonoxide afvangen.

Gezien de risico's die samenhangen met een ernstig vervuilde bodem van de kruitverbrandingsplaats is het zinvol om na te gaan of het opruimen van overtollig kruit kan geschieden door het kruit in een geschikte vorm aan te bieden (bijvoorbeeld met water bevochtigd) aan een gespecialiseerd afvalverwerkingsbedrijf zoals AVR.

De nitroverbindingen en nitrosoamines die gevonden worden zijn echter verdacht carcinogeen. Bovendien kunnen deze verbindingen door de huid worden opgenomen. Daarom is het noodzakelijk om tijdens de werkzaamheden beschermende kleding te dragen.

De overige organische componenten komen voor in concentraties onder de MAC-waarde. Onbekend is het effect van gelijktijdige blootstelling aan meerdere stoffen. In mengsels kunnen eventuele schadelijke effecten versterkt worden.

Door de aanwezigheid van gechloreerde verbindingen zullen dioxines zeker aanwezig zijn.

De aanwezigheid van naftaleen duidt erop dat ook andere polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) aanwezig zullen zijn.

Naar de aanwezigheid van zowel dioxines als PAK's werd geen nader onderzoek uitgevoerd. Zowel dioxines als PAK's vormen een groot ARBO risico.

Gezien de grote diversiteit van organische verbindingen welke mede bepaald worden door de te vernietigen kavels, waardoor het van tevoren niet voorspeld kan worden welke componenten er worden gevormd, blijft het noodzakelijk om adembescherming op basis van actieve kool te gebruiken. Deze bescherming werkt niet tegen het bij de detonaties gevormde koolmonoxide. Het blijft derhalve noodzakelijk om na de detonatie minstens 15 minuten te wachten, totdat de koolmonoxide door de wind is verdreven.

In dit onderzoek is om praktische redenen het vernietigen van munitie gevuld met witte fosfor vermeden. De effecten hiervan zijn echter voldoende bekend. De vrijgekomen witte fosfor reageert met de zuurstof uit de lucht tot fosforoxides; deze reageren verder tot fosforzuur. Hierbij wordt een beschermend laagje rond de witte fosfor gevormd. Dit laagje verhindert verdere reactie. Bij aanraking door personeel of materieel zal opnieuw reactie van de witte fosfor optreden, hetgeen ernstige brandwonden veroorzaakt. De rook van de witte fosfor is schadelijk voor de longen en kan bij hogere concentraties tot longoedeem leiden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- Bij het vernietigen van kruit en munitie door middel van openluchtverbranding en openluchtdetonatie komen kankerverwekkende stoffen en zware metalen op een ongecontroleerde wijze vrij.
- Deze schadelijke stoffen vormen een onmiddellijk ARBO-risico voor het personeel belast met de uitvoering van de vernietigingswerkzaamheden. Op de lange termijn vormen deze stoffen ook een milieurisico.
- Het vernietigen van munitie kan ARBO-verantwoord geschieden door het dragen van beschermende kleding en ademprotectie.

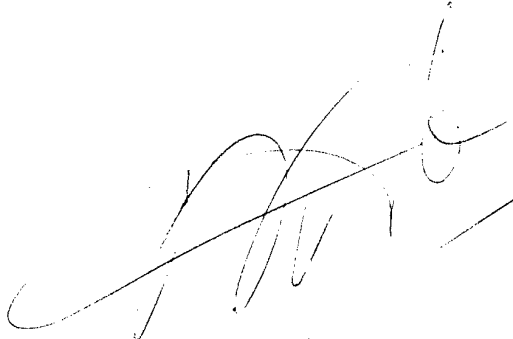
Aanbevelingen

- Personeel belast met de vernietiging van munitie dient altijd adequate huid- en ademhalingsbescherming te gebruiken (zie bijlage E). Hierbij dient rekening te worden gehouden met het feit dat de adembescherming niet werkt tegen koolmonoxide.
- Het gebruik van de beschermende kleding dient nauwgezet te worden nageleefd; daarbij is een strakke discipline van groot belang.
- Personeel belast met de vernietiging van munitie dient regelmatig te worden onderzocht op de opname van schadelijke stoffen, door middel van het analyseren van bloed- en urinemonsters.
- Het vernietigen van munitie moet bij voorkeur geschieden bij de daarvoor meest gunstige weersomstandigheden, te weten veel wind en regen.
- Het is beter om de vernietiging van munitie op een goed gecontroleerde wijze te laten geschieden, bij voorkeur in een daarvoor ontworpen gesloten faciliteit.

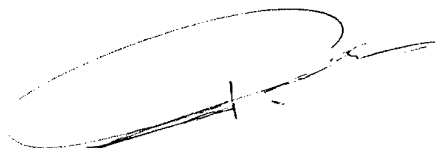
6 Referenties

- [1] 'De Nationale MAC-lijst 1997-1998',
Arbeidsinspectie, ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,
Den Haag.
- [2] Handboek Milieuvergunningen 'Stoffen en Normen',
Directoraat-Generaal Milieubeheer, ministerie van Volkshuisvesting, Ruim-
telijke Ordening en Milieubeheer, 1993-1994.
- [3] Pellizzari, E.D. en Krost, K.J.,
'Chemical Transformations during ambient air sampling for organic vapors',
Analytical Chemistry 56 (1984), 1813-1819.

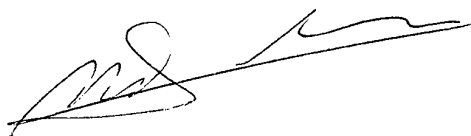
7 Ondertekening

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

drs. N.H.A. van Ham
Projectleider/Auteur

A handwritten signature in black ink, featuring a large, rounded loop followed by a horizontal stroke and a small vertical tick mark.

ing. F.R. Groeneveld
Auteur

A handwritten signature in black ink, showing a series of connected loops and a long horizontal stroke at the end.

dr. ir. M.S. Nieuwenhuizen
Groepshoofd

Bijlage A Overzicht genomen monsters

Woensdag 28 juli

Tijd	Werkzaamheden EOD	Tijd	Monster
		10.15	Grondmonster (nr. 1; 2; 3; 4)
11.25	Start van de vernietiging van 6 kavels met kneedspringstof	11.25	Start persoonsgebonden bemonstering (Tenax 1,2,3; Filter 99ACX026/3,4,5)
13.00	Einde van de vernietiging	13.00	Einde persoonsgebonden bemonstering, grondmonster (nr 5; 6; 7; 8)
15.00	Start van de vernietiging van 6 kavels met kneedspringstof	15.00	Start persoonsgebonden bemonstering (Tenax 4; 5; 6; Filter 99ACX026/3,4,5)
16.15	Einde van de vernietiging	16.15	Einde persoonsgebonden bemonstering Monsters van de huid Overall + handschoen (meegenomen) Monster van een laars

Donderdag 29 juli

Tijd	Werkzaamheden EOD	Tijd	Monster
		8.10	Grondmonster (nr 9; 10; 11; 12)
9.15	Start van de vernietiging van 2 kavels met vernielingslading	9.10	Start luchtbemonstering met mast (99ACX026/9; 10; 11; 12; 13; 14) Start persoonsgebonden bemonstering (Tenax 7; 8; 9 Filter 99ACX026/15; 16; 17)
9.30	Start van de vernietiging van nog eens 16 kavels met vernielingslading	9.30	Einde luchtbemonstering met mast (99ACX026/9,10; 11; 12; 13; 14) Start luchtmonsters met mast (99ACX026/18,19; 20; 21; 22; 23)
10.55	Einde vernietiging	10.55	Stopzetten van luchtmonsters met mast en de persoonsgebonden bemonstering
13.00	Hervatten van de vernietiging, 8 kavels met vernielingslading	13.00	Hervatten van luchtbemonstering met mast en de persoonsgebonden bemonstering
13.30	Einde vernietiging	13.30	Stoppen van luchtbemonstering met mast Stoppen persoonsgebonden bemonstering Monsters van de huid Overall + handschoen (meegenomen) Monster van een laars

Tijd	Werkzaamheden EOD	Tijd	Monster
		8.15	Grondmonster (nr. 13; 14; 15; 16)
9.05	Start van de vernietiging van 10 kavels met kneedspringstof	9.05	Start persoonsgebonden bemonstering (Tenax 10; 11; 12 Filter 99ACX026/24; 25; 26)
9.45	Einde vernietiging		
9.50	Start van de vernietiging van 8 kavels met vernielingslading	9.50	Start luchtbemonstering met mast (99ACX026/27; 28; 29; 30; 31; 32)
11.00	Einde vernietiging	11.00	Stopzetten van luchtbemonstering met mast en de persoonsgebonden bemonstering Grondmonsters (nr. 17; 18; 19; 20) Monsters van de huid Overall + handschoen (meegenomen) Monster van een laars

Bijlage B Organische Componenten Persoonsgebonden Metingen

Plaats meting:	Bunker	Kuil	Kuil	Kuil	Kuil	Kuil	MAC
Werkzaamheden:		12 kavels	26 kavels	26 kavels	18 kavels	18 kavels	
Bemonsteringsduur	2:15	1:15	2:15	2:15	1:55	1:55	
(uur:min):	29/7/99	28/7/99	29/7/99	29/7/99	30/7/99	30/7/99	
Datum meting:	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)
Organische component							
benzeen	0,0002	0,003	0,0006	0,0041	0,0013	0,0015	3,25
tetrachloormethaan	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	12,6
trichlooretheen	0,0001	0,0002	0,0001	0,0071	0,0002	0,0003	190
n-heptaan	0,0006	0,0007	0,0004	0,0001	0,0007	0,0007	1250
tolueen	0,0007	0,0014	0,0018	0,0078	0,0029	0,0039	150
n-octaan	0,0004	0,0008	0,0005	0,0003	0,0000	0,0000	1450
tetrachlooretheen	0,0004	0,0035	0,0235	0,0313	0,0142	0,0552	240
ethylbenzeen	0,0002	0,0005	0,0009	0,0043	0,0008	0,0011	215
p,m-xyleen	0,0006	0,0006	0,0010	0,0028	0,0011	0,0016	210
styreen	0,0001	0,0004	0,0005	0,0063	0,0012	0,0011	107
o-xyleen	0,0002	0,0002	0,0004	0,0007	0,0004	0,0006	210
3-ethyltolueen	0,0002	0,0001	0,0002	0,0005	0,0003	0,0004	-
1; 3; 5 trimethylbenzeen	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	100
2-ethyltolueen	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	
1; 2; 4 trimethylbenzeen	0,0003	0,0001	0,0002	0,0004	0,0004	0,0007	100
1; 2; 3 trimethylbenzeen	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	100
hexachloorethaan	0,0018	0,0003	0,0114	0,1353	0,0268	0,1087	10
naftaleen	0,0002	0,0004	0,0007	0,0038	0,0012	0,0021	50

De gemeten concentraties liggen ver onder de MAC-waarden. Voor een nadere beschouwing zie volgende pagina's van bijlage B.

Het risico dat men bij contact met deze concentraties kanker krijgt is minder dan de kans op kanker ten gevolge van het roken van één sigaret per dag.

Op verzoek van TNO-PML zijn de gezondheidsrisico's van blootstelling aan chemische stoffen als gevolg van vernietigingswerkzaamheden van munitie beoordeeld.

Uitgangspunten

Beoordeeld zijn de gezondheidsrisico's van de stoffen die vermeld zijn in voorgaande tabel. Uitgegaan wordt van een blootstellingsfrequentie van 1 keer per maand met een blootstellingsduur van 2 uur.

Werkwijze

Ten behoeve van de toxicologische beoordeling zijn cd-rom-bestanden met toxicologische informatie, beschikbare toxicologische evaluaties en standaard toxicologische naslagwerken geraadpleegd. Een lijst met geraadpleegde bronnen is bijgevoegd.

Evaluatie en conclusies

De stoffen die vermeld zijn in voorgaande tabel kunnen worden verdeeld in drie groepen: kankerverwekkende stoffen met een genotoxisch werkingsmechanisme (benzeen), verdacht kankerverwekkende stoffen met een drempelwaarde (tetrachloormethaan en hexachloorethaan) en de overige, niet-kankerverwekkende stoffen met een drempelwaarde.

Benzeen

Benzeen wordt beschouwd als een kankerverwekkende stof met een genotoxisch werkingsmechanisme, dat wil zeggen dat er geen concentratie of dosis kan worden vastgesteld waaronder geen gezondheidsschade optreedt (de zogenaamde drempelwaarde). Voor dit soort stoffen wordt een risicoberekening gemaakt: op basis van dierexperimentele of epidemiologische gegevens wordt berekend hoe groot de extra kans is om te overlijden aan kanker als gevolg van levenslange blootstelling (dat wil zeggen 24 uur per dag, 7 dagen per week, 365 dagen per jaar, 70 jaar lang) aan een bepaalde concentratie van de stof. Voor benzeen wordt aangenomen, dat levenslange blootstelling aan $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ leidt tot een extra kans op leukemie van ten hoogste één per miljoen levenslang blootgestelden (B.2). Dit risico wordt als aanvaardbaar beschouwd. De hoogste concentratie die bij de vernietigingswerkzaamheden van munitie is gemeten is $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, een factor 3 beneden het niveau behorende bij het 'geaccepteerde risico'. Gezien het blootstellingsscenario (2 uur per maand) is het risico op leukemie vele malen kleiner.

Het risico op leukemie als gevolg van blootstelling aan benzeen gedurende voornoemde werkzaamheden kan gezien het blootstellingsscenario als verwaarloosbaar worden beschouwd.

Ter vergelijking: een werkn(e)mer die gedurende 2 uur per maand blootgesteld is aan $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzeen, neemt over die maand gerekend $10 \mu\text{g}$ benzeen op (ervan uitgaande, dat hij/zij $1,25 \text{ m}^3$ lucht per uur inademt en dat alle ingeademde benzeen ook daadwerkelijk via de longen wordt opgenomen). De hoeveelheid benzeen die

per sigaret wordt opgenomen, bedraagt 10-30 µg (B.6). De dagelijkse inname van benzeen door de Nederlandse bevolking wordt geschat op 200 tot 1200 µg, afhankelijk van het woongebied, verkeersdeelname en het rookgedrag (B.6).

Tetrachloormethaan (tetrachloorkoolstof)

De gegevens uit onderzoek bij mensen zijn ontoereikend om te kunnen beoordelen of tetrachloormethaan een kankerverwekkende stof is. Op basis van dierexperimenteel onderzoek wordt deze stof beschouwd als verdacht kankerverwekkend voor de mens. Op basis van andere gegevens wordt ervan uitgegaan dat tumoren pas gevormd worden nadat aanzienlijke schade aan de betreffende organen (in dit geval de lever) is veroorzaakt. Er is dus een drempelwaarde (B.1, B.3, B.5 en B.7). Het gemeten blootstellingsniveau ligt een factor van ruim 60.000 onder de MAC-waarde. Daarbij kan nog worden opgemerkt, dat bij het vaststellen van een MAC-waarde ervan wordt uitgegaan, dat blootstelling aan deze concentratie gedurende 40 jaar, 8 uur per dag, 5 dagen per week, de gezondheid van werkers en hun nageslacht niet zal benadelen. Gezien het blootstellingscenario, 2 uur per maand, zijn de feitelijke marges nog veel groter.

Er zijn dus geen gezondheidsrisico's te verwachten als gevolg van blootstelling aan de gepresenteerde concentraties aan tetrachloormethaan volgens gemelde scenario.

Hexachloorethaan

De gegevens uit onderzoek bij mensen zijn ontoereikend om te kunnen beoordelen, of hexachloorethaan een kankerverwekkende stof is. Op basis van dierexperimenteel onderzoek wordt deze stof beschouwd als verdacht kankerverwekkend voor de mens (B.4). In deze dierstudies werden bij de twee verschillende proefdieren twee verschillende typen tumoren gevonden. Gezien het feit dat het type tumor in het ene proefdier niet relevant wordt geacht voor de mens en het type tumor in het andere proefdier vermoedelijk totstandkomt via een niet-genotoxisch werkingsmechanisme, is een drempelwaarde waarschijnlijk (zie ook B.1). Het gemeten blootstellingsniveau ligt ongeveer een factor 75 onder de MAC-waarde. De feitelijke marge is beduidend groter (zie boven).

Er zijn dus geen gezondheidsrisico's te verwachten als gevolg van blootstelling aan de gepresenteerde concentraties aan hexachloorethaan volgens gemelde scenario.

Trichlooretheen; n-heptaan; tolueen; n-octaan; tetrachlooretheen; ethylbenzeen; o-, m-, p-xyleen; styreen; 2-, 3-ethyltolueen; 1,2,3-, 1,2,4-, 1,3,5-trimethylbenzeen; naftaleen

De concentraties die voor deze stoffen zijn gemeten, zijn een factor 5000 tot meer dan 1.000.000 lager dan de MAC-waarden. De feitelijke marge is beduidend groter (zie boven).

Er zijn dus geen gezondheidsrisico's te verwachten als gevolg van blootstelling aan gepresenteerde concentraties volgens gemelde scenario.

Referenties

- [B.1] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
TLVs® and other occupational exposure values – 1999, [CD-ROM],
Cincinnati OH, USA; ACGIH, 1999.
- [B.2] Gezondheidsraad: Commissie Beoordeling carcinogeniteit van stoffen (GR).
Benzeen,
Den Haag, Gezondheidsraad, 1997; Rapportnummer 1997/29.
- [B.3] International Agency for Research on Cancer (IARC),
Carbon tetrachloride. In: Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon, Frankrijk: IARC, 1999a: 401-32 (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; Vol 72, Part two).
- [B.4] International Agency for Research on Cancer (IARC),
Hexachloroethane. In: Some chemicals that cause tumours of the kidney or urinary bladder in rodents, and some other chemicals. Lyon, Frankrijk: IARC, 1999b: 295 (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; Vol 73).
- [B.5] Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits (SEG),
Recommendation from Scientific Expert Group on Occupational Exposure Limits for carbon tetrachloride. Luxemburg: Directorate -General Employment, Industrial Relations and Social Affairs: Health and Safety Directorate, 1993; doc. nr. SEG/SUM/31B.
- [B.6] Slooff W (red.),
Basisdocument benzeen (en advies Gezondheidsraad),
Bilthoven: RIVM, 1988; Publicatiereeks Milieubeheer, Rapportnummer 1, serie basisdocumenten.
- [B.7] World Health Organization (WHO),
Carbon tetrachloride,
Genève, Zwitserland: WHO, 1999; Environmental Health Criteria 208.
- [B.8] CDROM-literatuurbestanden: RTECS, IRIS, TOXLINE, HSDB, MEDLINE.

Bijlage C Anorganische verbindingen in grond munitie-vernietiging

Datum/tijd monsterneming	Mon- sternr.	Meetplaats	Geh.water (%)	Grondmonsters na vernietiging van	Chloor (mg/kg)	SO ₃ (mg/kg)	Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	SrO (mg/kg)	CuO (mg/kg)	ZnO (gew.%)	PbO (gew.%)
28/7/99	1	In kuil 1, oppervlak	2,91	Geen kavels, achtergrond							
10:15	2	In kuil 1, 50 cm diep	5,21								
	3	Rand kuil 1, oppervlak	3,88								
	4	Rand kuil 1, 50 cm diep	15,41		200	600	6000				
28/7/99	5	Rand kuil 1, oppervlak	1,40	6 kavels met kneedspringstof							
13:00	6	Rand kuil 1, 50 cm diep	31,06		300	1400	9000				
	7	In kuil 1, oppervlak	5,46		1000						
	8	In kuil 1, 50 cm diep	4,95								
29/7/99	9	In kuil 1, oppervlak	2,83	6 kavels met kneedspringstof	400			200			
8:10	10	In kuil 1, 50 cm diep	5,15	en de voorgaande vernietigingen							
	11	Rand kuil 1, oppervlak	6,63		300			100			
	12	Rand kuil 1, 50 cm diep	9,13								
30/7/99	13	Rand kuil 1, oppervlak	0,68	26 kavels met vernielingslading					100	300	700
8:15	14	Rand kuil 1, 50 cm diep	17,69	en de voorgaande vernietigingen	200	1000	8000		200		< 50
	15	In kuil 1, oppervlak	1,07		200					600	500
	16	In kuil 1, 50 cm diep	3,86						2000	1000	4000
30/7/99	17	Rand kuil 1, oppervlak	3,44	18 kavels (8 met vernielingslading)					300	200	300
11:00	18	Rand kuil 1, 50 cm diep	4,79	en de voorgaande vernietigingen	300	2000	1			60	
	19	In kuil 1, oppervlak	4,14						700	700	700
	20	In kuil 1, 50 cm diep	4,46						1000	1000	3000
Streefwaarde droge grond					-	-	-	-	36	140	85
Maximaal Toelaatbaar Risico					-	-	-	-	73	620	530*

* Voor lood geldt dat de getalswaarde is gelijk aan de interventiewaarde.

Bijlage D Resten van springstoffen in de grond

[illegible]

Bijlage E Beschermende kleding bij explosief vernietigen

De keuze van de beschermende kleding richt zich vooral op de verontreiniging van chemische verbindingen in de grond. Het contact met de huid moet vermeden worden. De aard van de beschermende kleding wordt mede bepaald door de mate van contact met de verontreinigende bodem. Wanneer er geen sprake is van een bescherming tegen chemische vloeistoffen is het type materiaal van de beschermende kleding niet erg maatgevend, wel het draagcomfort en de mechanische sterkte van de beschermende materialen. Benadrukt moet worden dat de bescherming mede bepaald wordt door de discipline om te dragen, de procedure van aan- en uitkleden, het verzamelen van de verontreinigde kleding en persoonlijke hygiëne na afloop.

Bij het gebruik van de beschermende kleding is een aantal opmerkingen zinvol. De manchetten van de mouwen en de broekspijpen moeten over de handschoenen respectievelijk de laarzen worden gedragen. Dit voorkomt dat verontreinigd zand en stof in de handschoenen en laarzen kan komen. In de praktijk werd geconstateerd dat dit ook werd gedaan.

De laarzen kunnen meerdere malen gebruikt worden. Het is zinvol deze in de bunker achter te laten in bijvoorbeeld een afsluitbare kist. Hierdoor wordt verspreiding van verontreinigingen naar andere locaties voorkomen.

Als adembescherming moet een filter voor het afvangen van stof en organische dampen worden gebruikt. Aangezien er geen verontreiniging op de huid van het gezicht werd waargenomen, zal de kans op verontreiniging van het masker ook niet groot zijn. Het is denkbaar dat het masker en de filterbussen meerdere malen gebruikt kunnen worden. Bij het hanteren van het masker moet voorkomen worden dat de binnenzijde door contact met bijvoorbeeld de verontreinigde handschoenen wordt verontreinigd.

De beschermende kleding, laarzen en de maskers van de adembescherming moeten persoonsgebonden zijn.

Tijdens de werkzaamheden werden door de medewerkers van de EOCL en het TNO-PML verschillende beschermende middelen gebruikt. Ook equivalente beschermende middelen kunnen worden toegepast. Er is geen uitgebreid onderzoek gedaan naar beschermende middelen. Hieronder worden de beschermende middelen genoemd die tijdens de werkzaamheden in juli bij het explosief vernietigen werden gebruikt.

Door de EOCL

Handschoenen:	Sol-Knil, nitrile, 39-124, Ansell Edmont CE0483/0072
Wegwerpoverall:	AIRCOAT-FLEX by Seyntex, type 2204, nsn 8415-17-110-0054, overall olie en zuurbestendig, olijfgroen met capuchon
Laarzen:	Bekina, light, rubber boots
Adembescherming:	3M, type A2, 6055, EN141, CE0086

Door het TNO-PML

Handschoenen: Kächele-Cama Latex GmbH, CAMATRIL VELOURS,
art 730, CE0121.
Wegwerp overall: DuPont Nonwovens, TYVEK Protective Apparel
(Pro Tech), model Classic, Coverall chemical Protective
clothing, CE 0120
Laarzen: Rubber Laarzen
Adembescherming: 3M, type 9913

Het gebruik van het AIRCOAT-FLEX-overall is meer van toepassing op vloeibare verontreiniging. In dit geval zou DuPont Nonwovens, TYVEK Protective Apparel ook voldoen. Bij deze overall moet gekeken worden of het sterk genoeg is bij de werkzaamheden van het ingraven van de explosieven. Voor de medewerkers die niet belast zijn met graafwerkzaamheden zou het overall van DuPont voldoende zijn.

Als handschoenen kunnen zowel Sol-Knil als CAMATRIL VELOURS worden gebruikt. De sterkte bij het graven en de prijs bepalen de keuze.

Het gebruik van hoge rubber laarzen van Bekina is een goede keuze.

Evenals de adembescherming 3M, type A2, 6055, EN141, CE0086. Het is te overwegen het personeel dat niet met graafwerkzaamheden bezig is langer gebruik te laten maken van de filterbussen.

REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO. (MOD-NL) TD99-0182	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO.	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO. PML 1999-A89
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 014.10105	5. CONTRACT NO. A87KL070	6. REPORT DATE December 1999
7. NUMBER OF PAGES 36 (excl. RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 3 (+8)	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE 'ARBO' investigation EOCKL (ARBO-onderzoek EOCKL)		
11. AUTHOR(S) N.H.A. van Ham and F.R. Groeneveld		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Prins Maurits Laboratory, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) EOCKL, SM Scheick Kazerne, Gutenbergweg 10, 4104 BA Culemborg, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.		
15. SUMMARY (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) This report describes the measurement of harmful emissions from open pit burning and open air detonation of munitions. The emissions were measured with the aid of fixed samplers and mobile samplers connected to the personnel involved in the destruction of munitions. Also samples of the soil nearby the destruction area were taken. Analyses of these samples proved the formation of carcinogenic compounds and heavy metals. Advice was given to perform these destructions only with full protective clothing of the personnel. The destruction of munition better be performed in a closed facility to protect the environment.		
16. DESCRIPTORS Destruction Ammunition Detonation Emission Measurement Hazardous materials Personnel Samples		
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF SUMMARY) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

Distributielijst *

- 1 DWOO
- 2 HWO-KL
- 3* HWO-KLu
- 4* HWO-KM
- 5* HWO-CO
- 6/25 EOCL,
Lt.Kol. M. Groenewegen
- 26 DM&P TNO-DO
- 27* DM&P TNO-DO, accountcoördinator KL
- 28* TNO-FEL, Bibliotheek
- 29/31 Bibliotheek KMA
- 32* Lid Instituuts Advies Raad PML
BGen. prof. J.M.J. Bosch
- 33* Lid Instituuts Advies Raad PML
prof. dr. U.A. Th. Brinkman
- 34 TNO-PML, Directie; daarna reserve
- 35 TNO-PML, Hoofd Divisie Toxische Stoffen
dr. M.W. Leeuw
- 36 TNO-PML, Adjunct-hoofd Divisie Toxische Stoffen
dr. ir. M.S. Nieuwenhuizen
- 37/38 TNO-PML Divisie Toxische Stoffen, Groep Analyse Toxische en Explosieve Stoffen
drs. N.H.A. van Ham en ing. F.R. Groeneveld
- 39 TNO-PML, Bibliotheek
- 40 TNO-PML, Archief

* De met een asterisk (*) gemerkte instanties/personen ontvangen uitsluitend de titelpagina, het managementuittreksel, de documentatiepagina en de distributielijst van het rapport.